

*Pemaparan insektisida endosulfan pada konsentrasi subletal terhadap kondisi ..... (Imam Taufik)*

## PEMAPARAN INSEKTISIDA ENDOSULFAN PADA KONSENTRASI SUBLETAL TERHADAP KONDISI HEMATOLOGIS DAN HISTOLOGIS IKAN MAS (*Cyprinus carpio*)

Imam Taufik<sup>#</sup> dan Eri Setiadi

Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Tawar

(Naskah diterima: 11 Juni 2014; Revisi final: 10 Maret 2015; Disetujui publikasi: 11 Maret 2015)

### ABSTRAK

Endosulfan merupakan insektisida golongan organoklorin non-sistemik yang banyak digunakan di bidang pertanian, khususnya di negara-negara berkembang termasuk di Indonesia. Insektisida ini bersifat sangat toksik terhadap organisme akuatik termasuk ikan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui kondisi hematologis dan histologis insang dan hati ikan mas (*Cyprinus carpio*) yang terpapar insektisida endosulfan. Sebagai perlakuan digunakan konsentrasi subletal endosulfan, yaitu: A) 0,00 µg/L; B) 0,24 µg/L; C) 0,73 µg/L; dan D) 1,21 µg/L. Hewan uji adalah ikan mas dengan bobot rata-rata  $0,81 \pm 0,098$  g/ekor. Wadah uji berupa akuarium kaca 70 cm x 50 cm x 60 cm berisi 150 liter air. Waktu pemaparan selama 12 minggu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa endosulfan berpengaruh nyata terhadap kondisi hematologis seperti hematokrit, hemoglobin, eritrosit, dan leukosit pada setiap perlakuan ( $P < 0,05$ ). Hematokrit dan hemoglobin semakin meningkat sejalan dengan peningkatan konsentrasi endosulfan, sedangkan eritrosit dan leukosit mengalami penurunan. Hasil histologi insang menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi endosulfan maka kerusakan insang semakin meningkat, seperti hiperplasia lamella epithelium, degenerasi sel epithelium, pendarahan, vakuolasi, nekrosis, dan ploriferasi sel tulang rawan. Kerusakan pada hati yang dijumpai, yaitu dilatasi sinusoid, vakuolasi, degenerasi hepatosit, piknosis, ploriferasi hepatosit, dan nekrosis. Kerusakan jaringan hati semakin meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi endosulfan dalam air. Berdasarkan hasil penelitian sekarang insektisida endosulfan menyebabkan kerusakan jaringan organ filamen insang dan hati, serta ikan menjadi tidak sehat dengan aktivitas berenang menjadi abnormal dan kehilangan keseimbangan.

**KATA KUNCI:** endosulfan, hematologis, histologis, common carp

**ABSTRACT:** *Exposure of endosulfan at sublethal concentration on hematological and histological of common carp (Cyprinus carpio). By: Imam Taufik and Eri Setiadi*

Endosulfan insecticide is a non-systemic organochlorine insecticide. The research aimed to examine the effects of endosulfan on hematological and histological conditions of common carp. Endosulfan concentrations as a treatments were as followed: A) 0.00 µg/L (control); B) 0.24 µg/L; C) 0.73 µg/L; and D) 1.21 µg/L. Common carp with  $0.81 \pm 0.098$  in body weight were used as a fish test. 12 aquarium (70 cm long x 50 cm wide x 60 cm high) were used. Exposure time was 12 weeks. The result showed that endosulfan affected the blood profil such as hematocrite, hemoglobin, erythrocyte, and leucocyte at each treatment ( $P < 0.05$ ). Blood profil such as hematocrite and hemoglobin were increased while the amount of erythrocyte and leucocyte were decreased. Hematocrite and hemoglobin were increased led to increasing in concentration of endosulfan ( $P < 0.05$ ). Histological of gill filaments tissue with increasing endosulfan were damaged followed increasing of concentration. Gill filaments tissue alteration revealed that hyperflasia of ephitelium lamellae, degeneration of ephitilum cells, bleeding, vacuolation, necrosis, and ploriferation of cartilagous cells. Liver tissue alteration observed in exposed fish included dilataion of sinusoid, vacuolation, hepatoocyte degenenartion, pyknosis, ploriferation of hepatoocyte, and necrosis. Liver tissue damage showed increased with increasing endosulfan concentration. Based on the present study, endosulfan insecticide may cause damage of gill, liver, followed by inhealthy of fish, abnormal swimming direction such as lost equilibrium.

**KEYWORDS:** endosulfan, hematological, histological, common carp

<sup>#</sup> Korespondensi: Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Tawar. Jl. Raya Sempur No. 1, Bogor 16154, Indonesia. Tel.: + (0251) 8313200  
E-mail: [imam\\_opik67@yahoo.co.id](mailto:imam_opik67@yahoo.co.id)

## PENDAHULUAN

Endosulfan merupakan senyawa kimia dari golongan organoklorin yang banyak dipergunakan sebagai bahan aktif dalam berbagai formulasi insektisida (Vivekanandhan & Duraisamy, 2012). Seperti insektisida golongan organoklorin pada umumnya, endosulfan bersifat toksik terhadap organisme perairan termasuk ikan dan sangat persisten sehingga akan meninggalkan residu yang dapat mencemari lingkungan perairan (Singh *et al.*, 2002). Penggunaan insektisida endosulfan untuk perlindungan tanaman pertanian sudah dilarang di Eropa karena sangat bersifat toksik terhadap ikan (EFSA, 2011). Hasil penelitian Ekaputri (2001) membuktikan bahwa perairan Sungai Ciliwung, Jawa Barat yang mengalir melewati daerah Bogor, Depok, dan Jakarta ternyata mengandung residu insektisida endosulfan dengan konsentrasi berkisar antara 0,0007-0,0040 mg/L. Sedangkan Taufik *et al.* (2003) melaporkan bahwa perairan tambak serta saluran irigasi di Kabupaten Brebes, Jawa Tengah telah tercemar oleh insektisida endosulfan yang berasal dari limbah pertanian dan perkebunan dengan konsentrasi rata-rata secara berturut-turut sebesar 0,0027 mg/L dan 0,0032 mg/L.

Residu endosulfan dalam air yang terserap oleh ikan akan terakumulasi di dalam jaringan tubuh melalui proses bioakumulasi, hal ini disebabkan karena endosulfan termasuk insektisida golongan organoklorin yang memiliki sifat lipofilitas tinggi, yakni mudah terikat dalam jaringan lemak. Endosulfan sangat toksik terhadap ikan mas dengan nilai  $LC_{50}$ -96 jam sebesar 2,42  $\mu\text{g/L}$  dan bioakumulasi meningkat sejalan dengan meningkatnya konsentrasi endosulfan, serta bertambahnya waktu pemaparan (Taufik & Setiadi, 2012). Sedangkan pada udang dan oyster  $LC_{50}$ -96 jam lebih rendah lagi, yaitu 1,30 dan 0,45  $\mu\text{g/L}$  (US EPA, 2007).

Hematologi dapat digunakan untuk mendiagnosis status kesehatan ikan, karena darah merupakan indikator fisiologis. Parameter hematologi dapat berubah karena lingkungan, nutrisi, dan stres. Hematologi telah digunakan sebagai biomarker dari pemaparan insektisida, terbukti dapat menurunkan hemoglobin dan hematokrit (Velisek *et al.*, 2009). Organ seperti insang, ginjal, dan hati banyak digunakan sebagai indikator histologis karena dapat mendeteksi secara sensitif dari pengaruh senyawa kimia (Gorashi *et al.*, 2013). Insang merupakan organ yang berinteraksi langsung dengan lingkungan perairan, sehingga dapat digunakan sebagai indikator dari pengaruh toksik (Evans *et al.*, 2005). Hati merupakan salah satu organ pusat metabolisme dan semua senyawa toksis dimetabolisme oleh hati (Yousafzai & Shakoori, 2011).

Ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn.) merupakan komoditas perikanan air tawar yang paling banyak dibudidayakan di Indonesia, khususnya di daerah Jawa Barat. Ikan ini berpotensi untuk terkontaminasi oleh insektisida endosulfan karena pada umumnya dipelihara dalam kolam budidaya dan karamba jaring apung (KJA) di waduk, di mana sumber airnya berasal dari aliran sungai yang berhubungan langsung dengan berbagai aktivitas pertanian yang banyak menggunakan insektisida. Untuk itu, perlu dikaji pengaruh endosulfan terhadap hematologis dan histologis organ ikan.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui respons kondisi hematologis dan histologis dari organ insang, serta hati ikan mas yang terpapar oleh beberapa konsentrasi subletal insektisida endosulfan dalam air.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di laboratorium toksikologi, Instalasi Riset Lingkungan Perikanan Budidaya dan Toksikologi, Cibalagung, Bogor. Hewan uji yang digunakan adalah ikan mas dengan bobot badan rata-rata  $0,81 \pm 0,098$  g/ekor. Bahan uji berupa formulasi insektisida yang banyak beredar di pasar dengan kandungan bahan aktif berupa endosulfan sebesar 350 g/liter. Wadah penelitian terdiri atas 12 unit akuarium kaca berukuran 70 cm x 50 cm x 60 cm (p x l x t) yang diisi 150 liter air, dilengkapi dengan wadah/tandon untuk pergantian air, aerasi, serta saluran pemasukan dan pengeluaran air. Dari hasil uji *bioassay* diketahui bahwa nilai  $LC_{50}$  endosulfan terhadap ikan mas untuk waktu pemaparan 24, 48, 72, dan 96 jam adalah seperti tertera pada Tabel 1 (Taufik & Setiadi, 2012).

Berdasarkan data hasil uji *bioassay* seperti yang tertera pada Tabel 1, diketahui bahwa nilai  $LC_{50}$ -96 jam insektisida endosulfan dalam air terhadap ikan mas adalah sebesar 2,42  $\mu\text{g/L}$  (Taufik & Setiadi, 2012). Konsentrasi tersebut selanjutnya dijadikan acuan untuk menentukan konsentrasi subletal endosulfan dalam air sebagai perlakuan pada penelitian ini, yaitu dikalikan 0%, 10%, 30%, dan 50% dari nilai  $LC_{50}$ -96 jam sehingga didapat konsentrasi subletal endosulfan dalam air sebesar: A) 0,00  $\mu\text{g/L}$ ; B) 0,24  $\mu\text{g/L}$ ; C) 0,73  $\mu\text{g/L}$ ; dan D) 1,21  $\mu\text{g/L}$ . Untuk mempertahankan konsentrasi endosulfan dalam air, dilakukan pergantian air setiap 24 jam sebanyak 100%. Sistem pergantian air semi-statis ini merupakan alternatif yang dapat digunakan untuk meningkatkan akurasi dan reproduktibilitas hasil pengujian toksisitas (Koesoemadinata, 2003). Masing-masing perlakuan dikenakan tiga kali pengulangan dengan waktu pemaparan ikan uji selama 12 minggu. Jumlah ikan uji yang ditebar dalam setiap wadah sebanyak 20 ekor dan diberi pakan secara *ad-satiation*.

Tabel 1. Nilai  $LC_{50}$  insektisida endosulfan terhadap ikan mas (*Cyprinus carpio*) pada setiap waktu pemaparan

Table 1.  $LC_{50}$  value of endosulfan insecticide on common carp (*Cyprinus carpio*) at each exposure time

Waktu pemaparan (jam) <i>Exposure time (hours)</i>	Nilai $LC_{50}$ <i>LC<sub>50</sub> value (µg/L)</i>	Persamaan garis probit <i>Estimated probit line</i>
24	5.29 (4.79-5.83)	$y = 6.07x - 5.47$
48	3.48 (3.09-3.90)	$y = 4.36x - 1.73$
72	2.78 (2.58-2.98)	$y = 5.99x - 3.66$
96	2.42 (2.20-2.65)	$y = 5.49x - 2.61$

Parameter yang diamati adalah kondisi hematologis ikan uji pada masing-masing konsentrasi perlakuan meliputi kadar hemoglobin, hematokrit, serta jumlah sel darah merah dan sel darah putih berdasarkan metode Da Cuna *et al.* (2011). Preparasi histologis organ insang dan *liver* dibuat dengan metode parafin dan pewarnaan Harris Haemotoxylin (Ballesteros *et al.*, 2007). Untuk mengetahui pengaruh endosulfan terhadap histologis jaringan organ insang dan *liver*, hasil histologis kedua organ tersebut dilakukan pengamatan langsung di bawah mikroskop binokular dengan pembesaran 200 kali.

Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan tiga kali pengulangan. Terhadap data yang diperoleh dilakukan analisis varian yang dilanjutkan dengan uji Tukey untuk mengetahui pengaruh antara perlakuan. Untuk histologis insang dan hati diamati tingkat kerusakan jaringan dan data dianalisis secara deskriptif. Sebagai data pendukung dilakukan pengukuran beberapa sifat fisika-kimia air, seperti: suhu, pH, oksigen terlarut,  $CO_2$ , dan amoniak.

## HASIL DAN BAHASAN

### Kondisi Hematologis

Data hematologis ikan mas yang dipaparkan selama 12 minggu pada masing-masing perlakuan dapat dilihat pada Tabel 2.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa konsentrasi insektisida endosulfan pada ikan mas berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap kadar hematokrit (Ht), hemoglobin (Hb), eritrosit, dan leukosit (Tabel 2). Meningkatnya kadar hematokrit dan hemoglobin dalam darah ikan mas sejalan dengan bertambahnya konsentrasi endosulfan, kecuali eritrosit dan leukosit (Tabel 2). Adanya peningkatan hematokrit dan hemoglobin dikarenakan oleh kontaminasi, absorpsi dan akumulasi insektisida endosulfan yang menyebabkan stres pada ikan mas sehingga hormon-hormon stres seperti cortisol dan epinephrine, masuk ke dalam peredaran darah dan menyebabkan kontraksi limpa meningkat. Peningkatan kontraksi limpa ini akan mengakibatkan terjadinya pelepasan sel-sel darah merah sehingga nilai hematokrit dan hemoglobin juga

Tabel 2. Rata-rata kadar hematokrit, hemoglobin, eritrosit, dan leukosit ikan mas dengan konsentrasi insektisida endosulfan yang berbeda setelah 12 minggu pemaparan

Table 2. Average of hematocrite, hemoglobin, erythrocyte, and leucocyte of common carp at different concentration of endosulfan insecticide after 12 weeks exposure

Perlakuan <i>Treatments</i>	Kondisi hematologis <i>Haematological condition</i>			
	Hematokrit <i>Hematocrite (%)</i>	Hemoglobin <i>Hemoglobin (g/100 mL)</i>	Eritrosit ( $10^3$ sel/ $mm^3$ ) <i>Erythrocyte (<math>10^3</math> cells/<math>mm^3</math>)</i>	Leukosit (sel/ $mm^3$ ) <i>Leucocyte (cells/<math>mm^3</math>)</i>
A	$14.52 \pm 4.37^a$	$4.82 \pm 1.52^{ab}$	$1,764.7 \pm 764.4^a$	$10,942 \pm 1,987^a$
B	$20.05 \pm 4.65^{ab}$	$2.83 \pm 0.62^a$	$706.7 \pm 64.1^b$	$15,042 \pm 4,050^{ab}$
C	$20.00 \pm 2.36^{ab}$	$5.53 \pm 1.96^{bc}$	$403.3 \pm 91.8^b$	$7,758 \pm 2,114^{bc}$
D	$22.53 \pm 1.82^b$	$7.70 \pm 0.87^c$	$500.0 \pm 185.5^b$	$5,658 \pm 2,096^c$

Keterangan (Remarks):

Angka pada kolom sama yang diikuti huruf sama menunjukkan tidak beda nyata ( $P > 0,05$ ) (The values in the same column followed by the same superscript letters showed no significantly different ( $P > 0.05$ ))

turut meningkat (Velisek *et al.*, 2009). Hasil penelitian ini berbeda dengan Lakshmanan *et al.* (2013) menyatakan bahwa kadar hematokrit dan hemoglobin pada ikan tilapia (*Oreochromis mosambicus*) mengalami penurunan sejalan dengan meningkatnya konsentrasi endosulfan, serta waktu paparan. Tanuja *et al.* (2012) melaporkan bahwa semakin meningkat konsentrasi endosulfan dan waktu paparan menunjukkan terjadinya penurunan hemoglobin, namun leukosit mengalami peningkatan. Da Cuna *et al.* (2011) melaporkan bahwa eritrosit meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi endosulfan dan waktu paparan. Adanya perbedaan tersebut diduga karena berbeda jenis, ukuran, dan umur ikan uji sehingga dapat memengaruhi profil hematologis. Banaee (2012) menyatakan bahwa respons hematologis ikan dipengaruhi oleh umur, jenis, waktu paparan, dan bahan toksik yang digunakan.

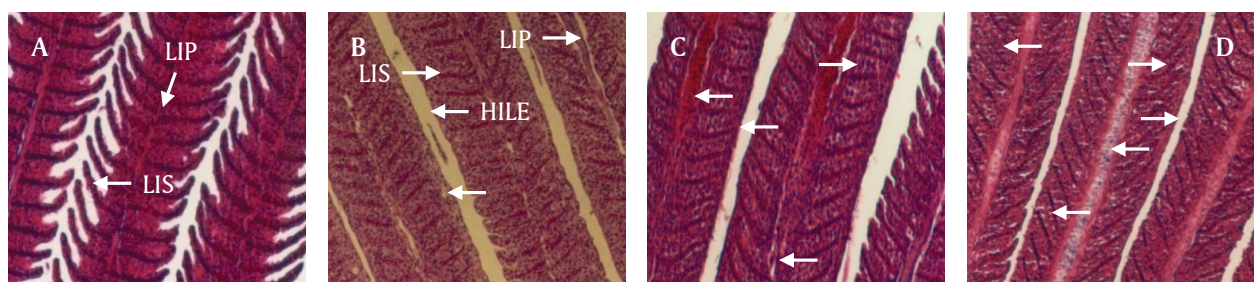
Menurut Jenkins *et al.* (2003), pengurangan jumlah leukosit sebagai respons terhadap stres merupakan karakteristik semua jenis vertebrata. Respons tersebut dipengaruhi oleh hormon corticosteroid dan bersifat non-spesifik, sebagai akibat adanya suatu *stressor* baik yang berasal dari dalam maupun karena faktor lingkungan. Endosulfan bersifat toksik dan umumnya memengaruhi kimia darah dan jumlah sel-sel darah (Das *et al.*, 2010). Efek pada darah dicirikan dengan terjadinya perubahan jumlah sel darah eritrosit, leukosit, dan membesarnya sel limfosit (Choudhary & Joshi, 2002). Endosulfan juga bersifat genotoksik pada ikan, yaitu menyebabkan kerusakan DNA sel tunggal pada eritrosit (Sharma *et al.*, 2007), hal ini berhubungan erat dengan terjadinya penurunan sel-sel eritrosit dan anemia akibat dari kerusakan fungsi pembentukan sel-sel darah, osmoregulasi, dan

organ hematopoetik (Jenkins *et al.*, 2003). Penurunan sel-sel eritrosit dan leukosit pada penelitian ini diduga ada hubungannya dengan kerusakan organ insang (Gambar 1B-D). Insang berfungsi sebagai organ respirasi untuk transfer  $O_2$  dan osmoregulasi pertukaran ion-ion yang dialirkan ke seluruh tubuh melalui darah, namun akibat paparan endosulfan, insang tidak berfungsi secara optimal yang mengakibatkan rendahnya pengikatan  $O_2$  dan ion-ion oleh haemoglobin yang menyebabkan terhambatnya pembentukan sel-sel darah seperti eritrosit dan leukosit (Sweilum, 2006). Konsentrasi subletal endosulfan secara signifikan dapat memengaruhi komposisi ion pada sistem osmoregulasi (insang), seperti Fe, Na, K, Cl, Ca, dan Mg yang merupakan ion-ion penting dalam hal osmoregulasi pada organisme akuatik yang berguna dalam hal keseimbangan cairan tubuh dan pembentukan sel-sel darah (Sarma *et al.*, 2011).

Observasi pada perilaku pergerakan ikan akibat *exposure* endosulfan menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi semakin banyak dijumpai ikan yang pergerakan berenang abnormal seperti pergerakan berenang menjadi lambat, kehilangan keseimbangan, dan ikan terlihat lemas, serta cenderung berada di permukaan air. Kondisi serupa yang dilakukan oleh Al-Rudiany & Kadhim (2012) melaporkan bahwa ikan yang terkena pengaruh endosulfan memperlihatkan pergerakan berenang abnormal, berenang di dekat permukaan air, dan ada yang di dasar wadah pemeliharaan.

### Histologis Insang dan Hati

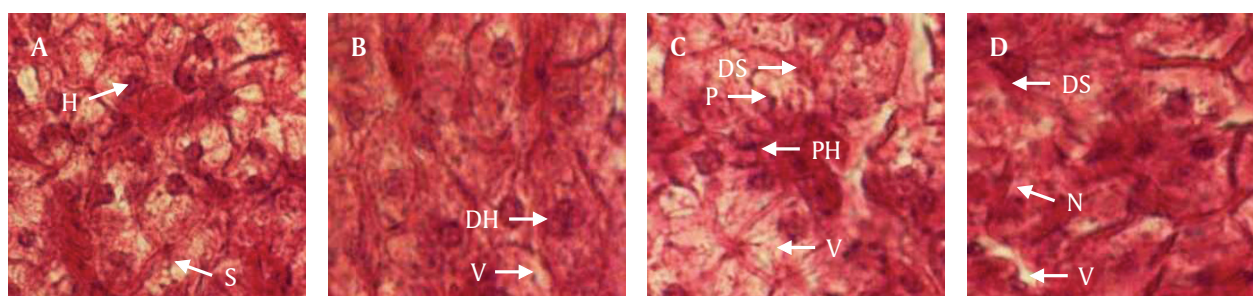
Pengaruh konsentrasi subletal endosulfan terhadap jaringan organ insang dan hati ikan mas dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Potongan memanjang jaringan lamela insang ikan mas pada paparan konsentrasi subletal endosulfan berbeda: A) 0,00 µg/L; B) 0,24 µg/L; C) 0,73 µg/L; dan D) 1,21 µg/L. LIP = lamela insang primer; LIS = lamela insang sekunder; HILE = hiperplasia insang lamela epithelium; V = vakuolasi; DSE = degenerasi sel epithelium; D = darah; N = nekrosis; DLIS = degenerasi lamela insang sekunder; PSTR = proliferasi sel tulang rawan

Figure 1. Long section of gill filaments tissue of common carp at different sublethal concentration exposure of endosulfan: A) 0.00 µg/L; B) 0.24 µg/L; C) 0.73 µg/L; and D) 1.21 µg/L. LIP = primary gill lamella; LIS = secondary gill lamella; HILE = hyperplasia of gill epithelium lamella; V = vacuolation; DSE = degeneration of epithelium cells; D = blood; N = necrosis; DLIS = degeneration of secondary gill lamella; PSTR = proliferation of cartilaginous cell





Gambar 2. Potongan melintang hati ikan mas pada pemaparan konsentrasi endosulfan berbeda. A) 0,00 µg/L; B) 0,24 µg/L; C) 0,73 µg/L; dan D) 1,21 µg/L. H = hepatosit, S = sinusoid, DH = degenerasi hepatosit, V = vakuolasi, DS = dilatasi sinusoid, P = piknosis, PH = ploriferasi hepatosit, N = nekrosis

Figure 2. Cross section of liver of common carp at different endosulfan concentration: A) 0.00 µg/L; B) 0.24 µg/L; C) 0.73 µg/L; and D) 1.21 µg/L. H = hephatocyte, S = Sinusoid, DS = dilatation sinusoid, DH = degenartion of hephatocyte, P = Pyknosis, PH = Ploriferation of hephatocyte, N = necrosis, and V = vacuolation

Histologis insang menunjukkan bahwa kerusakan jaringan insang semakin meningkat sejalan dengan bertambahnya konsentrasi endosulfan. Kerusakan dicirikan dengan hiperplasia lamella epithelium, vakuolasi, degenerasi sel epithelium, pendarahan, degenerasi lamella insang sekunder, ploriferasi sel tulang rawan dan kerusakan yang parah yaitu nekrosis (Gambar 1B-D). Dengan demikian terbukti bahwa endosulfan pada konsentrasi subletal dapat mengakibatkan kerusakan jaringan insang. Hasil yang sama dilaporkan oleh Saravanan *et al.* (2010) dan Indirabai *et al.* (2010) pada ikan *major carp* (*Labeo rohita*) bahwa kerusakan jaringan organ insang semakin meningkat sejalan dengan bertambahnya konsentrasi dan waktu pemaparan. Kerusakan pada tingkatan sedang dicirikan dengan hiperplasia pada lamella insang dan kerusakan yang berat terjadinya degenerasi lamella insang dan nekrosis. Berdasarkan indikator kerusakan jaringan insang pada penelitian ini, bahwa hiperplasia pada lamella insang merupakan ciri spesifik pengaruh dari endosulfan.

Histologis pada organ hati, terlihat bahwa kerusakan jaringan hati mengalami peningkatan sejalan dengan bertambahnya konsentrasi endosulfan. Tingkat kerusakan sedang ditandai dengan vakuolasi dan degenerasi hepatosit, sedangkan tingkat kerusakan berat dicirikan dengan terjadinya peningkatan vakuolasi, piknosis, ploriferasi hematosit, dan meningkatnya kerusakan dilatasi sinusoid. Pada kondisi konsentrasi endosulfan tinggi, kerusakan jaringan hati semakin parah yang ditandai dengan adanya meningkatnya dilatasi sinusoid dan nekrosis (Gambar 2B-D).

Organ hati merupakan pusat metabolisme, yaitu detoksifikasi dan metabolisme obat ataupun zat kimia asing terjadi di organ hati, sehingga menyebabkan organ hati mudah terjadi kerusakan yang diakibatkan

oleh bahan yang bersifat toksik (Yousafzai & Shakoori, 2011). Insang, hati, dan ginjal masing-masing merupakan organ yang memiliki fungsi untuk respirasi, osmoregulasi, detoksifikasi, biotransformasi, dan ekskresi (Dhevakrishnan & Zaman, 2012). Hal yang sama bahwa kerusakan jaringan hati akibat pemaparan endosulfan yang dilaporkan oleh Saravanan *et al.* (2010) pada ikan *Labeo rohita* dengan dosis 1 µg/L. Namun berbeda dengan hasil yang dilaporkan oleh Indirabai *et al.* (2010), bahwa dijumpai adanya kerusakan jaringan pembuluh darah vena pusat di hati. Perbedaan ini disebabkan karena dosis yang digunakan pada penelitian ini lebih rendah, yaitu 1,21 µg/L dibandingkan dengan dosis yang digunakan oleh Indirabai *et al.* (2010) sebesar 5 µg/L. Tingkatan kerusakan jaringan akibat insektisida akan meningkat dengan meningkatnya konsentrasi, waktu pemaparan, jenis, ukuran, dan umur hewan uji (Devi & Mishra, 2012).

### Kualitas Air

Kisaran sifat fisika-kimia air selama penelitian adalah sebagai berikut: suhu air 25°C-27°C; pH 7,5-8,5; O<sub>2</sub> 5,6-9,2 mg/L; CO<sub>2</sub> 0,7-8,9 mg/L; dan amonia 0,02-0,34 mg/L. Nilai kisaran tersebut masih dalam nilai ambang batas (NAB) untuk perikanan (Effendi, 2003), oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa kualitas air selama penelitian masih dalam kondisi layak sehingga tidak berpengaruh terhadap fisiologi ikan.

### KESIMPULAN

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi subletal insektisida endosulfan dapat berdampak meningkatnya perubahan jumlah hematologis dan kerusakan jaringan organ insang dan hati ikan mas semakin besar. Endosulfan berpengaruh juga terhadap perilaku pergerakan ikan seperti berenang tidak normal dan cenderung di permukaan air.

## DAFTAR ACUAN

- Al-Rudainy, A.J., & Khadim, M.H. (2012). Hematological and neurotoxic effects of endosulfan pesticide on common carp *Cyprinus carpio*. *The Iraqi J. Vet. Med.*, 36(1), 58-67.
- Ballesteros, M.L., Bianchi, G.E., Carranza, M., & Bistoni, M.A. (2007). Endosulfan acutotoxicity and histomorphological alterations in *Jenynsia multidentata* (Anablepidae, Cyprinodontiformes). *J. Environ. Sci. Health.*, B 42, 351-357.
- Banaee, M. (2012). Adverse effect of insecticides on various aspects of fish's biology and physiology. In *Insecticides-basic and other applications* (Eds.), Soloneski, S., & Umarharmsty, M. Croatia. Europe, p. 101-126.
- Choudhary, N., & Joshi, S.C. (2002). Effect of short term endosulfan on hematology and serum analysis of male rat. *Ind. J. Toxicol.*, 9(2), 83-87.
- Da Cuna, R.H., Vazquez, G.R., Piol, M.N., Guerrero, N.V., Magesse, M.C., Nostro, F.L.L. (2011). Assessment of the acute toxicity of the organochlorine pesticide endosulfan in *Cichlasoma dimerus* (Teleostei, Perciformes). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74, 1065-1073.
- Das, B., Pervin, K., Roy, A.K., Ferdouzi, Z., & Saha, A.K. (2010). Toxic effect of prolonged endosulfan exposure in some blood parameters in albino rat. *Journal Life Earth Science*, 5, 29-32.
- Devi, Y., & Mishra, A. (2012). Histopathological alterations in gill and liver anatomy of freshwater, air breathing fish *Channa punctatus* after pesticide hilban® (Chlorpyrifos) treatment. *Advances in Bioresearch*, 4(2), 57-62.
- Dhevakrishnan, R., & Zaman, M.H. (2012). Effect of cauvery river pollutants on histopathological alterations in gill and liver tissues of freshwater fish (*Labeo rohita*). *Int. J. Cur. Tr. Res.*, 1(2), 65-71.
- Effendi, H. (2003). Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumberdaya dan lingkungan perairan. Kanisius. Yogyakarta, 258 hlm.
- Ekaputri, L.S. (2001). *Pola penyebaran spasial dan temporal bahan organik, logam berat dan insektisida di perairan Sungai Ciliwung*. Disertasi Program Pascasarjana, Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor. Bogor, 148 hlm.
- European Food Safety Authority (EFSA). (2011). Scientific opinion on the toxicity of endosulfan in fish. *EFSA Journal*, 9(4) 2131, 1-22.
- Evans, D.H., Piermarini, P.M., & Choe, K.P. (2005). The multifunctional gill: dominant site of gas exchange, osmoregulation, acid-base regulation, and excretion of nitrogenous waste. *Physiol. Rev.*, 85, 97-177.
- Ghorashi, S., Hooman, S., Vaezi, G., Mohammad, M., Shamoushaki, N., & Babakhani, A. (2013). Histopathological studies on kidneys and gills of *Onchorhynchus mykiss* exposed to sublethal concentration of ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA). *Global Veterinaria*, 10(2), 121-127.
- Indirabai, W.P.S., Tharani, G.G., & Seetha, P. (2010). Impact of sublethal concentration of endosulfan on biochemicals and histology of organ tissue of freshwater fish, *Labeo rohita* (Hamilton, 1822). *The Bioscan*, 5(2), 215-218.
- Jenkins, F., Smith, J., Rajanna, B., Shameem, U., Umadevi, K., Sandhya, V., & Madavi, R. (2003). Effect of sub-lethal concentration of endosulfan on haematological and serum biochemical parameters in the carp *Cyprinus carpio*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 70(5), 993-997.
- Koesoemadinata, S. (2003). Metode standar pengujian toksisitas pestisida terhadap ikan. Komisi Pestisida, Direktorat Jenderal Bina Sarana Pertanian, Departemen Pertanian. Jakarta, 75 hlm.
- Lakshmanan, S., Rajendiran, A., & Sivasubramanian, C. (2013). Studies on impact of dichlorvos on selected haematological parameters of freshwater fish, *Oreochromis mossambicus* (Peters). *International Journal of Research in Biological Sciences*, 3(1), 28-33.
- Saravanan, T.S., Rajesh, P., & Sundaramoorthy, M. (2010). Studies on effects of chronic exposure of endosulfan to *Labeo rohita*. *Journal of Environmental Biology*, 31(5), 755-758.
- Sarma, K., Pal, A.K., & Baruah, K. (2011). Alterations of the ionic composition in different organs of spotted murrel (*Channa punctatus*) exposed to sublethal concentration of endosulfan. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11, 93-99.
- Sharma, S., Nagpure, N.S., Kumar, R., Pandey, S., Srivastava, S.K., Singh, P.J., & Mathur, P.K. (2007). Studies on the genotoxicity of endosulfan in different tissues of fresh water fish *Myxus vittatus* using the comet assay. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 53(4), 617-23.
- Singh, N.N., Das, V.K., & Srivastava, A.K. (2002). Insecticides and ionic regulation in teleosts: A review. *Zoologica Poloniae*, 47(3-4), 21-36.
- Sweilum, M.A. (2006). Effect of sublethal toxicity of some pesticides on growth parameters, haematological properties and total production of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) and water quality of ponds. *Aquaculture Research*, 37, 1079-1089.
- Tanuja, S.A., Nivedita, S.K.K., & Singh, J.K. (2012). Duration dependent impact of sublethal dose of endosulfan in Swiss albino mice, *Mus musculus* L. *Asian Journal Experimental Biological Sciences*, 3(4), 747-751.

- Taufik, I., Koesoemadinata, S., Sutrisno, & Nugraha, A. (2003). Tingkat akumulasi residu insektisida pertanian di perairan tambak. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 9(4), 53-61.
- Taufik, I., & Setiadi, E. (2012). Toksisitas serta potensi bioakumulasi dan bioeliminasi insektisida endosulfan pada ikan mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Riset Akuakultur*, 7(1), 131-142.
- US EPA. (2007). Appendix 1 to Addendum. Environmental Fate and Ecological Risk Assessment of Endosulfan. Office of Prevention, Pesticides, and Toxic Substances.
- Velisek, J., Svobodova, Z., Piackova, V., & Sudova, E. (2009). Effects of acute exposure to metribuzin on some hematological, biochemical and histopathological parameters of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 82, 492-495.
- Vivekanandhan, N., & Duaraisamy, A. (2012). Ecological impact of pesticides principally organochlorine insecticides endosulfan: A review. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*, 2(5), 369-376.
- Yousafzai, A.M., & Shakoori, A.R. (2011). Hepatic responses of a freshwater fish against aquatic pollution. *Pakistan J. Zool.*, 43(2), 209-221.